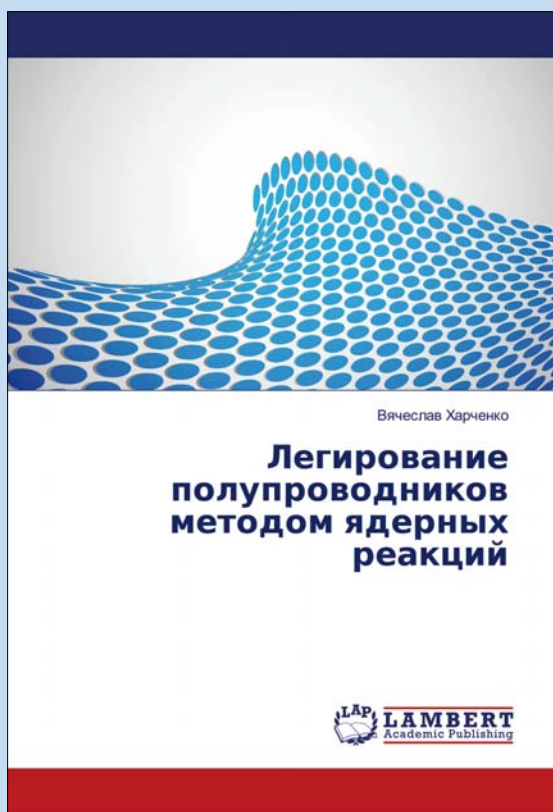


Отзыв о книге

«Легирование полупроводников методом ядерных реакций» (2-е издание, дополненное) под ред. В .А. Харченко

Открытие ядерных реакций осуществило заветную мечту алхимиков о превращении элементов, но, как всегда, не так, как предполагалось. Да, производство радиоактивных изотопов стало прибыльной отраслью промышленности, а вот получение золота путем ядерных превращений оказалось слишком дорогим («дороже золота»). Все это хорошо известно со школьной скамьи. А вот создание стабильных изотопов внутри твердых тел — другое дело. Возможность получения технологически важных примесей в полупроводниках путем реакций трансмутации элементов матрицы впервые упоминается Ларк–Горовицем в 1951 г. [1]. Но эта возможность осталась бы простым курьезом в истории науки, если бы не одно особое обстоятельство: в то время, как атомы примеси имеют тенденцию к кластеризации

в процессе роста кристалла из расплава, этого не происходит с изотопами элементов матрицы. И действительно, трансмутация Si^{30} (естественное содержание в природной смеси изотопов 3,05 %) в P^{31} как следствие захвата тепловых нейтронов позволило получить кремний n -типа с непревзойденной однородностью легирования фосфором, что является ключевым требованием в целом ряде приложений. Но, как часто случается, путь от рождения идеи до ее практического воплощения был тернист. Получаемый материал не должен быть радиоактивным. Надо бесследно удалить структурные дефекты, неизбежно возникающие при нейтронном облучении. Электрические и рекомбинационные параметры трансмутационно легированного полупроводника должны удовлетворять требованиям промышлен-



Харченко В. А., Смирнов Л. С., Соловьев С. П., Стась В. Ф. Легирование полупроводников методом ядерных реакций. LAP LAMBERT Academic Publishing, 2017. 262 с.

ISBN 978-620-2-01287-4

В монографии рассмотрены физические основы нового метода легирования полупроводников, базовым элементом которого являются ядерные реакции, протекающие в объеме полупроводника под действием быстрых заряженных частиц, нейтронов, высоко энергетического гамма излучения, а также неизбежно возникающие побочные явления — образование радиационных дефектов, кинетика их накопления и отжига. Приведены подробные данные о технологии равномерного облучения объемных слитков нейтронами в зависимости от специфики конструкции ядерного реактора. рассмотрены среда и режимы отжига радиационных дефектов. требования к исходному материалу и электрофизические свойства легированных кристаллов кремния. Проанализированы источники радиоактивной загрязненности слитков в процессе облучения и технологические приемы дезактивации их до безопасного уровня.

Монография рассчитана на научных работников и производственный персонал, интересующихся проблемами радиационной физики твердого тела и радиационного материаловедения полупроводников и приборов на их основе, а также аспирантов и студентов соответствующих специальностей.

Ключевые слова: полупроводники, легирование, ядерные реакции. монокристаллы кремния, облучение нейтронами, радиационные дефекты, отжиг, электрофизические свойства



Вячеслав Александрович Харченко,

инженер–физик, доктор технических наук. Выполнил цикл научно-исследовательских работ по разработке новой технологии легирования полупроводников методом ядерных реакций и созданию производственной линии на базе ядерного реактора ВВР-Ц (г. Обнинск, Калужская обл.). В последующем занимался внедрением новой техники и технологий на предприятиях полупроводниковой отрасли. В настоящее время ведущий научный сотрудник Вычислительного центра Федерального исследовательского центра «Информатика и управление» РАН. Научные исследования связаны с моделированием полупроводниковых элементов базовых гетероструктур, используемых в различных электронных приборах.

Смирнов Леонид Степанович,

доктор физ.–мат. наук, Институт физики полупроводников СО РАН.

Соловьев Сергей Петрович,

доктор физ.–мат. наук, филиал Физико-химического института им Л.Я. Карпова, г. Обнинск.

Стась Владимир Федосеевич,

кандидат физ.–мат. наук, Институт физики полупроводников СО РАН.

ности. И, что не менее важно, производство материала должно быть экономически оправданным. Все эти проблемы были решены в случае нейтронно-трансмутационного легирования кремния. Конечно же, исследовалось нейтронно–трансмутационное легирование и других полупроводников, а также использование для легирования реакций трансмутации при облучении гамма–квантами и высокоэнергетичными протонами и альфа–частицами, но это не привело к получению практически важных результатов — по крайней мере, пока.

Все эти (и многие другие) аспекты легирования полупроводников методом ядерных реакций подробно обсуждаются в первом издании книги, написанной Л. С. Смирновым, С. П. Соловьевым, В. Ф. Стасем и В. А. Харченко [2]. Книга вышла в свет в 1981 г. и давно стала библиографической редкостью. Поэтому второе (расширенное и дополненное) издание книги, подготовленное В. А. Харченко, одним из международно признанных пионеров нейтронно–трансмутационного легирования полупроводников [3], выходит очень вовремя и несомненно найдет

широкий круг заинтересованных читателей среди физиков и инженеров, работающих в сфере полупроводниковой науки и техники.

1. Lark–Horovitz K. Nucleon bombarded semiconductor materials. In: *Reading conference on semiconductor materials*. London (England): Butterworth's Scientific Publications, 1951, pp. 47—78. (Русский перевод: Ларк–Горовиц К. Бомбардировка полупроводников нуклонами // В сб. «Полупроводниковые материалы». Пер. с англ. под ред. В. М. Тучкевича. М.: ИЛ, 1954. С. 62—94).

2. Смирнов Л. С., Соловьев С. П., Стась В. Ф., Харченко В. А. Легирование полупроводников методом ядерных реакций. Новосибирск: Наука, 1981. 182 с.

3. Харченко В. А., Соловьев С. П. Радиационное легирование кремния // ФТП. 1971. Т. 5, № 8. С. 1641—1643.

Николай Соболев,

доктор естественных наук,
профессор Университета Авейро, Португалия